

Breitbandkommunikation für logistische Systeme

Die Systemübersicht

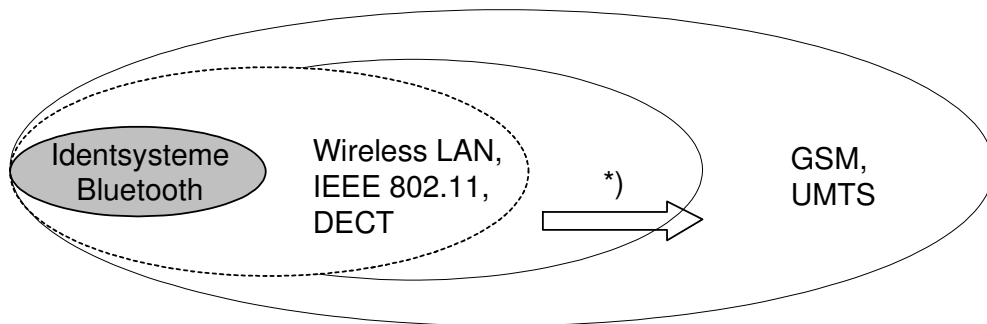
Dr.-Ing. Ingo Sotriffer, Miebach Logistik Deutschland

Für logistische Systeme werden heutzutage konventionelle Identifikationstechniken (Transponder, Barcode) eingesetzt. Alternativ bieten sich moderne Mobilkommunikationstechniken an, welche über modifizierte technische Charakteristika verfügen und somit neue Möglichkeiten versprechen.

Die Identifikationstechniken lassen sich bezüglich ihrer Reichweite in Personal Area Network (PAN), Local Area Network (LAN) und Wide Area Network (WAN) aufteilen. Für logistische Anwendungen interessant sind die Verbindung von Area Networks mit Lokalisierungstechniken wie Global Positioning System (GPS), Cell of Origin (COO) oder Enhanced Observed Time Difference (E-OTD).

Identifikationstechniken im industriellen Umfeld

Die Datenkommunikation im logistischen Umfeld findet zumeist kabelgebunden über definierte Schnittstelle statt (z.B. Ethernet, RS 422). Mobile Waren und Geräte können mittels standardisierter Techniken wie Barcode oder RFID identifiziert werden. Die Auswahl der Codes ist zumeist anwendungsorientiert und unterliegt nur in Ausnahmefällen einer Normierung (z.B. Odette-Label). Vor allem im Bereich der elektronischen Datenträger werden zumeist proprietäre Systeme eingesetzt.



*) je nach Umgebungsbedingungen

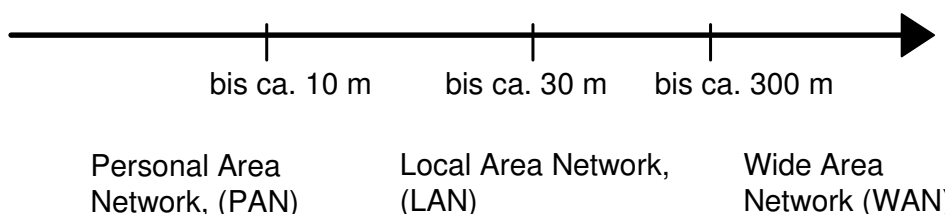


Abbildung 1: Reichweiten von Identifikationstechniken

Personal Area Networks (PAN)

Drahtlose PANs, auch Piconetze genannt, erlauben eine mobile Datenübertragung in einem Umkreis von bis zu zehn Meter. Ihre Reichweiten decken somit den persönlichen Bereich ab. In der Regel werden PANs zur drahtlosen Kommunikation zwischen mobilen Endgeräten in der unmittelbaren Umgebung genutzt. Exemplarisch sind hier die beiden mobilen PAN-Standards IrDA und Bluetooth zu nennen.

Local Area Networks (LAN)

Drahtlose LANs, bekannt auch unter dem Begriff Wireless LAN (WLAN), decken einen lokalen Bereich von einigen hundert Metern ab. So beschränkt sich ihre Reichweite meist auf Firmengelände, Gebäude oder Büros. Zu WLAN kann man beispielsweise den in vielen schnurlosen Telefonen eingesetzten DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) zählen. Im Zusammenhang mit mobiler Identifikation ist jedoch das von der IEEE unter dem Kürzel IEEE 802.11 standardisierte Wireless-LAN von vorrangiger Bedeutung.

Wide Area Networks (WAN)

Schließlich ermöglichen drahtlose WANs eine regionale oder globale Netzabdeckung. Zu den Vertretern der drahtlosen Weitverkehrsnetze gehören die klassischen Mobilfunksysteme (GSM, UMTS), aber auch die Satellitensysteme. Aufgrund Ihrer Kostenstruktur spielen Satellitensysteme (z.B. Iridium) im Bereich der Mobilkommunikationsnetze nur eine untergeordnete Rolle.

Identifikationstechniken in der Logistik

Zur Erfassung, Aufarbeitung und Übertragung von Daten bieten sich eine ganze Reihe aktuell am Markt verfügbarer Geräte und Systeme, welche auf unterschiedlichen Identifikationstechniken basieren, an. Dazu gehören Systeme, wie:

- Aktive und passive Transponder (RFID)
- Infrarottechnik
- Barcodetechnik
- Wireless LAN
- GSM / GPRS
- UMTS
- Bluetooth

- DECT

Während im logistischen Umfeld die Techniken Transponder und Barcode bereits etabliert sind, stellen breitbandige Alternativen für viele logistischer Bereiche noch Neuland dar.

Was sind logistische, breitbandige Systeme?

Bedingt durch die steigenden Anforderungen an die Verfügbarkeit von Daten innerhalb des Informationsflusses, werden neue, schnellere und mobile Identifikationstechniken benötigt. Im Zentrum der Betrachtungen stehen dabei vor allem die Übertragungsgeschwindigkeit und Reichweite.

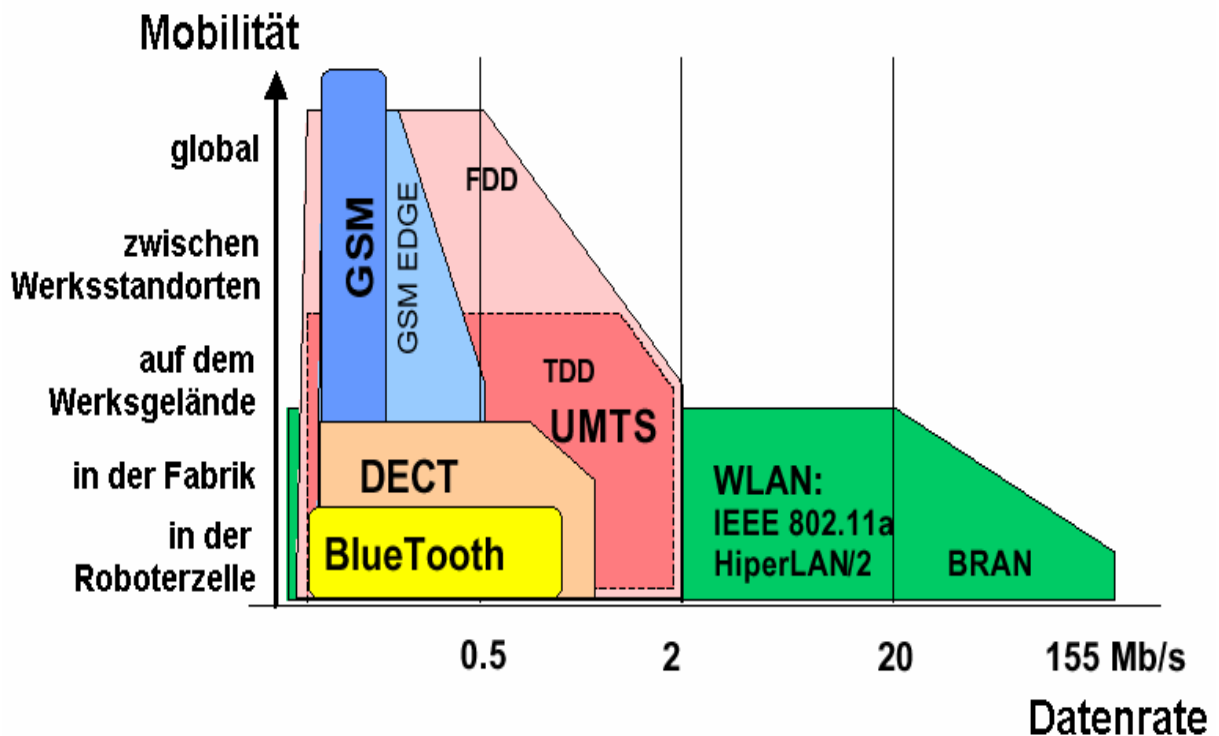


Abbildung 2: Mobilität und Datenraten von Identifikationstechniken

Wireless Local Area Network (WLAN)

Der IEEE 802.11-Standard wurde als flexible Ergänzung der leitungsgebundenen Rechnernetze konzipiert. Er unterstützt Übertragungsraten von 1-22 Mbit/s, hat eine Reichweite von maximal 500 Metern im Freien und ist für das lizenzfreie Frequenzband im Bereich 2,4 GHz ausgelegt. Betreiber sind sowohl

Telekommunikationsunternehmen als auch öffentliche oder kommerzielle Dienstleister (z.B. Universitäten).



WLANs nach IEEE 802.11 sind IP-basierte Netze und unterstützen zwei Betriebsmodi: den *Infrastruktur Modus* und den *ad-hoc Modus*. Im Ersten wird über eine ausgezeichnete Station, dem Access Point, kommuniziert und beim Letzteren wird direkt zwi-

schen zwei mobilen Endgeräten eine Verbindung aufgebaut. In der Praxis ist der ad-hoc Modus bislang jedoch kaum von Bedeutung. Bezüglich des Medienzugriffs im Infrastruktur Modus definiert der IEEE 802.11 Standard zwei Verfahren. In der Distributed Coordination Function (DCF) werden Daten dezentral, ohne Kontrolle des Access Point, gesendet. Es kann folglich keine Dienstgüte garantiert werden. In der Point Coordination Function (PCF) steuert der Access Point die Zugriffsrechte. Somit kann Dienstgüte garantiert und auch zeitkritische Anwendungen unterstützt werden. Die Vorteile von WLANs sind die hohe Bandbreite, die Kompatibilität zu bestehenden LANs und die Wirtschaftlichkeit. Die Frequenzlizenzen sind kostenfrei und der Aufbau und Betrieb sind unkompliziert und kostengünstig.

Problematisch sind für die WLAN-Netzwerke die in unmittelbarer Umgebung auftretenden Störung, hervorgerufen z.B. durch ebenfalls auf dieser Frequenz sendenden Bluetooth- oder Mikrowellengeräte. Um gegen Störungen unempfindlich zu sein, gibt es im 802.11-Standard zwei Mechanismen: Entweder Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), wobei das eigentliche Datensignal auf ein permanent in einer bestimmten Reihenfolge die Frequenz wechselndes Trägersignal moduliert wird, oder DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), das die gesamte Bandbreite nutzt und zeitlich aufteilt. Allerdings hat sich DSSS mittlerweile als Standard etabliert.

Global System for Mobile Communication (GSM)

Das GSM-Netz wurde ursprünglich als reines Sprachkommunikationsnetz konzipiert, dessen Kern auf der Standardvermittlungstechnik des Festnetzes basierte. Heute ist das GSM-Netz das weltweit meist verwendete und weitest verbreitete Mobilfunkverfahren. Mit dem Einsatz in über 168 Ländern ist nahezu ein weltumspannendes Kommunikationsnetz entstanden.



In den meisten Ländern wird GSM auf den Frequenzbänder um 900 MHz und 1800 MHz (USA 1900 MHz) eingesetzt (mit getrennten Frequenzbändern für beide Senderichtungen). Zur Mehrfachnutzung dieser Frequenzbänder verwendet GSM mehrere Techniken. Zunächst wird der Raum in mehrere Zellen eingeteilt (SDMA). Des weiteren basiert innerhalb einer Zelle der eigentliche Medienzugriff auf einem kombinierten FDMA/TDMA-Verfahren - d.h. zum einen werden die Frequenzbänder je Übertragungsrichtung in mehrere Kanäle aufgeteilt (bei GSM 900 in 124 Kanäle und bei GSM 1800 in 374 Kanäle). Zum anderen wird die Anzahl paralleler Nutzer in einer Zelle weiter erhöht, indem zusätzlich innerhalb eines Frequenzkanal noch TDMA eingesetzt wird. Dabei wird jeder Kanal wiederum in acht Zeitschlitz (Timeslots) von je 4,6 Millisekunden aufgeteilt mit eindeutiger Zuteilung jedes Teilnehmers zu einem Zeitschlitz. Somit können z.B. bei GSM 900 mehr als 1000 Teilnehmer parallel in einer Zelle kommunizieren, ohne miteinander zu interferieren. Durch die eindeutige Zuteilung und Reservierung einer Verbindung zu einem Zeitschlitz wird die GSM-Übertragung als leitungsvermittelt bezeichnet. Vorteil ist hier, dass Daten ohne zusätzliche Kodierung eindeutig zu einer Verbindung zuzuordnen sind. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Zeitschlitz reserviert sind, auch wenn keine Daten gesendet werden.

Die Datenrate von Sprach-, Daten- oder Faxverbindungen ist im GSM-Netz durch die Kapazität eines Kanals begrenzt. GSM-Kanäle sind für den Sprachdienst optimiert, ihre Kapazität ist für Surf-Zwecke sehr klein. Eine Surf-Verbindung per GSM-Handy befördert lediglich 9,6 kBit/s. Bessere Netze und Handys übertragen auf Kosten der im GSM eingebauten Fehlerkorrektur 14,4 kBit/s. Bei zunehmender Fehlerrate auf der Funkstrecke schalten sie jedoch auf 9,6 kBit/s zurück. Deutlich schneller lässt sich in weiterentwickelten GSM-Netzen der Phase 2+ surfen, da sich mit passenden Endgeräten mehrere von den maximal acht Kanälen kombinieren lassen. Derzeit gibt es zwei solche schnellen Datendienste, HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS (General Packet Radio Service).

Bluetooth

Bei Bluetooth handelt es sich um ein drahtloses, funkbasiertes Übertragungsverfahren, mit dem Daten im Umkreis von ca. zehn Metern übertragen werden können. Die Bluetooth-Technologie wurde vom 1998 gegründeten Bluetooth-Konsortium, einem Interessenzusammenschluss führender Endgerätehersteller und Lieferanten, entwickelt. Die Zielvorgabe des Konsortiums war es, einen kostengünstigen, energiesparenden Chip zu kreieren, der ein funkbasiertes Kommunikationsnetz in der lokalen Umgebung ermöglicht. Bluetooth ist bis heute kein offizieller Standard, jedoch

wird er mit Hilfe der Marktmacht des Konsortiums in immer mehr mobilen Endgeräten eingesetzt und somit zum De-facto-Industriestandard.



Die Datenkommunikation erfolgt bei Bluetooth im lizenzfreien Frequenzbereich um 2,4 GHz. Bluetooth unterstützt einen asynchronen Datenkanal, bis zu drei simultan synchrone Sprachkanäle oder eine Kombination beider. Der asynchrone Datenkanal ermöglicht wahlweise 721 Kbit/s Senderate und 57,6 Kbit/s Empfangsrate oder symmetrisch 432,6 Kbit/s Sende- und Empfangsrate.

Die Einsatzgebiete von Bluetooth sind vielfältig. So ist beispielsweise die Verbindung von Peripheriegeräten (z.B. Tastatur, Maus, Drucker, Projektor) möglich, aber auch die spontane Kommunikation zwischen mobilen Endgeräten in ad-hoc Netzen (bis zu acht Kommunikationspartner). Schließlich kann mit Hilfe des Bluetooth-Chips die Anbindung mobiler Endgeräte an verschiedene Weitverkehrsnetze erfolgen. Die Vorteile von Bluetooth gegenüber IrDA sind die größere Reichweite, die Kommunikationsfähigkeit auch bei Hindernissen, d.h. ohne direkten Sichtverbindung der Kommunikationspartner, und die Mehrgerätekommunikation. Der Sendeleistung nach werden die Module in drei Klassen eingeteilt, welche eine unterschiedliche Reichweite haben.

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Die etablierten GSM-Mobilfunknetze bekommen in diesem Jahr in Deutschland Konkurrenz von UMTS-Systemen, welche Highspeed-Datenverbindungen ermöglichen sollen. Anfänglich bekam die 1992 gestartete Entwicklung des Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) vor allem deshalb viel Zuspruch, weil sie eine weltweit einheitliche Mobilnetztechnik versprach. Die UMTS-Technik stellt die 3. Generation der Mobilfunktechnik dar, und soll, vor allem im Bereich Bild- und Videoübertragung den bisherigen GSM-Standard ablösen.



UMTS ist ein neues Funkübertragungsverfahren mit neuen Frequenzen, einer breitbandigen Modulation und einer neuen Übertragungsart. Das Universal Mobile Telecommunications System bildet den neuen Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G-Netz). Weltweit ist UMTS innerhalb der IMT-2000-Spezifikation standardisiert. Im Rahmen der International Telecommunications Union (ITU) versuchten die nationalen Regulierungsbehörden einen gemeinsamen Mobilfunkstandard der dritten Generation zu schaffen. Das Ziel eines weltweit

einheitlichen Systems konnte allerdings nicht erreicht werden. In der gemeinsamen IMT-2000-Spezifikation finden sich als Kompromiss mehrere Systeme, mit UMTS als neuen Standard für Europa.

Das europäische UMTS ist streng genommen ebenfalls kein einheitliches System. Es besteht vielmehr aus zwei Systemen, dem FDD-Modus (Frequency Division Duplex) und dem TDD-Modus (Time Division Duplex). Beim FDD-Modus werden getrennte Frequenzbänder für die Up- und Downlink-Richtung eingesetzt, im TDD-Modus wird hingegen dasselbe Frequenzband (Zeitmultiplexverfahren) eingesetzt. Beide Verfahren können parallel verwendet werden, ohne sich gegenseitig zu stören. Das UMTS-Netz lässt sich hierarchisch weiter in eine terrestrische und eine satellitengestützten Ebene unterteilen. Die terrestrische Ebene garantiert die flächendeckende Grundversorgung, während die Satellitenebene als Ergänzung die globale Funkabdeckung realisiert. Die terrestrische Komponente wird nochmals in Makro-, Mikro- und Picozellen gegliedert, wobei innerhalb der einzelnen Zellen unterschiedliche Übertragungsraten realisierbar sind (von 144 kbit/s bei max. 500 km/h Bewegungsgeschwindigkeit des Nutzers in der Makrozone bis zu idealen 2 Mbit/s bei max. 10 km/h in der Picozone). Aus ökonomischen Gründen beschränkt sich der Aufbau der UMTS-Infrastruktur zunächst nur auf dicht besiedelte Gebiete.

Breitbandkommunikation für logistische Systeme

Der Systemvergleich

Während sich der erste Teil mit der Darstellung der Identifikationstechniken und deren Charakteristika befasste, werden in diesem Teil die unterschiedlichen Techniken miteinander verglichen.

Wireless LAN

Die technischen Anforderungen gebräuchlicher, logistischer Anwendungen werden durch WLAN-basierte Systeme erfüllt. Problematisch sind z.B. die Anbindungsmöglichkeiten und die Kosten einer auf WLAN-basierenden Lösung. Jede WLAN-Einheit benötigt einen separaten Kleincomputer, welcher die definierten Protokolle abarbeiten und die Datenpakete senden und empfangen bzw. abspeichern kann. Die auf dem Wireless LAN basierenden Systeme können als interessante Option für entsprechende Anforderungsprofile in der Logistik angesehen werden.

GSM / GPRS

Die technischen Anforderungen gebräuchlicher, logistischer Anwendungen werden durch GSM/GPRS Systeme erfüllt. Auch für den Einsatz in rauer Umgebung ist, unter Verwendung von geeigneten Schutzvorrichtungen, ein Einsatz möglich. Zur Datenübertragung stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Denkbar ist der Versand der Daten per SMS, per Datenkanal oder per Sprachkanal. Für jede Datenübertragung ist dabei eine Verbindung aufzubauen, was zu hohen laufenden Kosten führt.

Gegen eine, allein auf die GSM-Technik gestützte, Anwendung spricht, dass es keine 100%ige Netzabdeckung in Deutschland gibt und somit in Funklöchern keine Daten übertragen werden können.

Da vor allem keine synchrone oder zumindest zeitnahe Identifikation möglich ist, und eine Bezahlung für jeden Identifikationsvorgang an den Provider zu erfolgen hat, bleibt die Technik auf wenige Ausnahmefälle beschränkt (siehe Toll-Collect).

UMTS

Durch die geringe Verfügbarkeit von UMTS-Basisstationen und Endgeräten lassen sich die logistischen Anforderungen an diese Technik nur theoretisch prüfen. Dabei kann festgestellt werden, dass die UMTS-Technik den wesentlichen Anforderungen genügt und es mit Sicherheit in absehbarer Zeit Endgeräte geben wird, welche zur

Identifikation eingesetzt werden können. Eine Abschätzung der Kosten fällt ungleich schwerer als eine Aussage über die technischen Möglichkeiten von UMTS. Aktuell gibt es keinerlei Preismodelle der Mobilfunknetzbetreiber für die Anschaffungskosten für Endgeräte und Basisstationen.

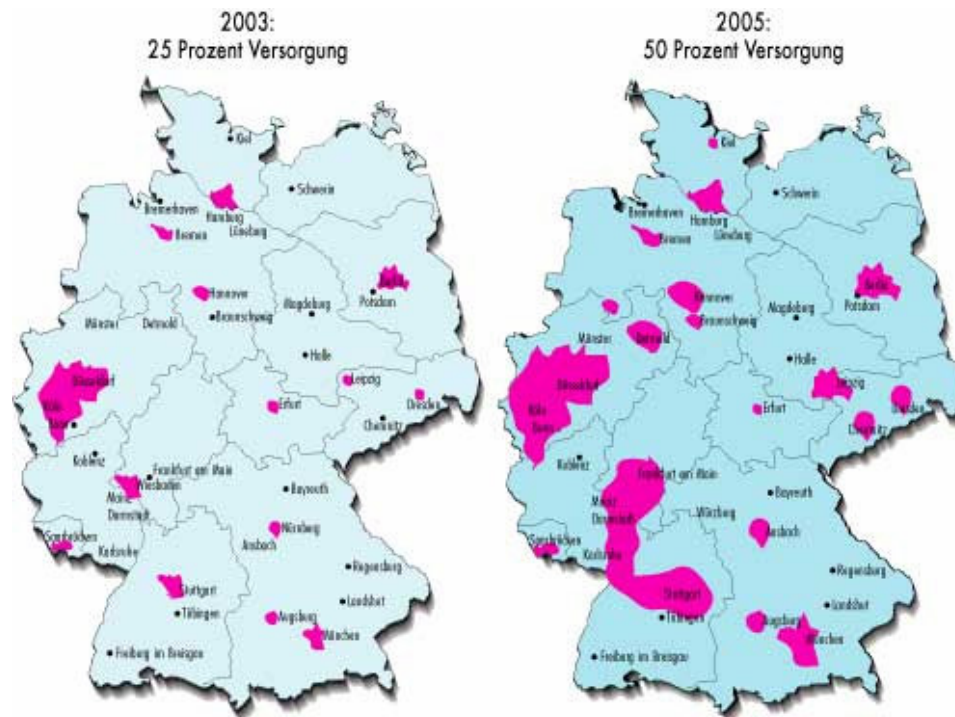


Abbildung 1: Geplante Versorgung des Bundesgebietes bis 2005 [Quelle: Heise Verlag]

Bedingt durch die Höhe der zu erwartenden Kosten und durch die geringe Verbreitung der Technik, ist UMTS für den Einsatz als Identifikationstechnik eines logistischen Systems ungeeignet.

Bluetooth

Wie zuvor WLAN erfüllt auch Bluetooth die technischen Anforderungen logistischer Einsatzbereiche. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Reichweiten dieser Technik gering und der Stromverbrauch sehr hoch ist. Jedoch durchläuft die Bluetooth-Technik eine rasante Entwicklung hinsichtlich Industriefestigkeit und effektiver Übertragungreichweite.

Vergleich technischer Charakteristika von RFID und Breitbandlösungen

Die für logistische Anwendungen in Frage kommenden Techniken unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Charakteristika z.T. wesentlich. Im Vergleich zwischen den

mittlerweile etablierten RFID-Lösungen und den Breitbandlösungen zeichnen sich Stärken und Schwächen der jeweiligen Techniken ab.

Technische Spezifikationen

	WLAN 802.11b	RFID Aktiv	RFID Passiv	Bluetooth
Frequenz	2,412 GHz bis 2,474 GHz	433 MHz 868 MHz 2,45 GHz	125 kHz 13,56 MHz	2,402 GHz - 2,480 GHz
Kanalabstand	5 MHz	-	-	1,000 MHz
Genauigkeit	Keine Angaben möglich	-	-	± 75KHz
Verwendetes Verfahren / Zugriff auf die Luft- schnittstelle	DSSS mit 2,5 Hops/s (11 Kanäle)	-	-	FHSS mit 1600 Hops/s (79 Kanäle)
Modulation	QPSK mit CCK	ASK PSK FSK	Lastmodulation ASK PSK	GFSK
Sendeleistung Transmitter	100 mW	Reichweiten- abhängig	Reichweiten- abhängig	Class 1: 100 mW Class 2: 2,5 mW Class 3: 1 mW
Empfänger- empfindlichkeit	Keine Angaben möglich	Transponder- abhängig	Transponder- abhängig	-70dBm

Anvisierte Anwendungen	Mittlere bis große Distanzen	Schnelle Materialflusssysteme	Fabrikautomatisierung	Jeglicher Kabelersatz bei Geräten aller Art
	Haus-zu-Haus-Datenanbindung	Große Distanzen	Handel	Hausautomatisierung
	Gesundheitswesen, Fabriken, Warenhäuser, Bildung und Forschung, Handel und Banken	Automobilindustrie, Transportwesen	Logistik	Industrielle Steuerungen: Sensoren, Aktoren

Abbildung 1: Detaillierte Technische Spezifikationen

Reichweite und Datenrate

Die theoretischen Datenraten und Reichweiten weichen von den in der realen Anwendung erzielbaren Werten oftmals weit ab. Grundsätzlich sind dabei auch die in der Umgebung bestehenden Störquellen zu berücksichtigen.

	Reichweite	Datenrate
WLAN 802.11 b	Bis zu 100 m	5 - 6 Mbit /s
Bluetooth	Class 1: bis 100m Class 2: bis 30m Class 3: bis 10m	721 kbit/s
RFID Aktiv	Bis zu 100 m	106 kBit/s
RFID Passiv	Bis 1,2 m	149 kBit/s

Abbildung 2: Reichweite und Datenraten

Bei den dargestellten Werten handelt es sich um maximale Praxiswerte (Abbildung 2), welche in typischen Anwendungen erzielt wurden. Die Werte für WLAN und Bluetooth beziehen sich dabei auf den Indoor-Bereich, für die Verwendung der

Techniken in einer Umgebung außer Haus lassen sich deutlich geringer Werte annehmen.

Stromverbrauch

Die einzelnen Techniken unterscheiden sich im Stromverbrauch wesentlich, was dazu führt, dass einige Techniken für den mobilen Logistik-Einsatz ungeeignet erscheinen.

	Low-Power-Optionen	Stromverbrauch
WLAN 802.11 b	Schlafmodus, falls keine Daten zu empfangen oder zu senden sind. Periodisch erwacht die Mobilstation, um auf Änderungen zu reagieren.	Angaben für die einzelnen Chips variieren, Referenzdesign: Senden: 315 mA Empfangen: 270 mA Standby: 4 mA
Bluetooth	Low-Power-Modi: <ul style="list-style-type: none"> • Park • Sniff • Hold • Deep Sleep 	Referenzmodell BC01MOD2B von Cambridge: <ul style="list-style-type: none"> • Park 0,85 mA • Sniff je nach Verbindungsart zwischen 1 und 45 mA • Hold keine Angaben • Deep Sleep: 80 µA • Normales Senden: je nach Verbindungsart zwischen 23 und 85 mA • Spitzen-Strom während RF-Burst 135mA
RFID Aktiv	Low-Power-Modi vorhanden	Abfrage des Batteriezustandes möglich Li-Batterien verfügen über eine Lebenszeit von ca. 600.000 Zyklen
RFID Passiv	Automatisches Einschlafen	Wenige µA

Abbildung 3: Low-Power-Optionen und Stromverbrauch der Techniken

So können die Techniken WLAN und Bluetooth vernünftigerweise nur mit stationären Geräten bzw. mobilen Geräten mit einem großen Energiespeicher betrieben werden (Abbildung 3). Aktive RFID-Systeme verfügen, abhängig von den Schreib-/Lesezyklen, über eine Lebenszeit von bis zu 10 Jahre. Passive Systeme gewinnen ihre Energie aus dem Magnetfeld und sind somit unbegrenzt einsetzbar. Nachteil der passiven Systeme ist dabei jedoch die höhere Reaktionszeit.

Netzwerkstruktur

Die einzelnen Techniken unterscheiden sich in Struktur und Verbindungsart der Netzwerke. Die Möglichkeit eine hohe Anzahl von Kommunikationsteilnehmer zu verbinden erhöht nicht nur die Flexibilität des Netzwerks sondern führt auch dazu, dass die Zuordnung, z.B. durch Software oder Schalter, gezielt ausgewählt werden muss.

	Verbindungsart	Ad-Hoc-Networking oder zentralisierte Koordination	Mögliche Anzahl der Kommunikationsteilnehmer
WLAN 802.11 b	Punkt-zu-Punkt	Ad-hoc-Networking ohne steuernde Instanz Infrastruktur mit Access- Point als steuernde Instanz	Mehrere Geräte pro Access- Point möglich Über Access-Points können mehrere Netzwerke wieder untereinander verbunden werden
Bluetooth	Punkt-zu-Punkt Multipunkt	Echtes Ad-Hoc- Networking möglich	Bis zur 8 Geräte pro Pico- Netz und bis zu 255 geparkte Stationen.
RFID Aktiv	Punkt-zu-Punkt Multipunkt	Es ist eine feste oder mobile Lesestation notwendig, ohne die keine Datenübertragung stattfinden kann. Eine strukturierte	Bis zu 4097 Master-Slave Strukturen, d.h. Ein Sender, aber bis zu 4096 Empfänger

		Netzwerkbildung ist nicht möglich.	
RFID Passiv	Punkt-zu-Punkt	Es ist eine feste oder mobile Lesestation notwendig, ohne die keine Datenübertragung stattfinden kann. Eine strukturierte Netzwerkbildung ist nicht möglich.	Master-Slave Strukturen Nur 2 Teilnehmer möglich

Abbildung 4: Netzwerkstruktur der Techniken

Während WLAN und Bluetooth Ad-hoc-Networking ermöglichen, ist bei den RFID-Systemen durch die technischen Vorgaben mit Antenne und Transponder nur eine Master-Slave-Struktur möglich (Abbildung 4).

Übertragungssicherheit

Gerade in zeitkritischen Anwendungen ist die Störfestigkeit des Systems von entscheidender Bedeutung. Ebenfalls zu beachten ist die Übertragungssicherheit gegenüber Dritten, da durch die Übertragung von Daten eventuell die Ausspähung von Daten bzw. die Manipulation möglich ist.

Übertragungssicherheit gegenüber Störungen

Die Robustheit einer Übertragung spielt eine große Rolle. Gerade in den anvisierten Anwendungsgebieten Feld und Rübenhof ist eine zuverlässige Übertragung unbedingt notwendig. Betrachtet werden müssen folgende Störparameter:

- Störungen zwischen unterschiedlichen Systemen (Intersystem) und innerhalb des Systems (Intrasystem). Der Grad der Interferenzen ist dabei abhängig von der lokalen Ausbreitung, der Dichte der Netze und deren Auslastung
- EMV-Störungen durch die Umgebung (Motoren, Schweißanlagen, Handys, etc.)
- Störungen durch Witterungseinflüsse
- Gestörte, defekte Kommunikationsteilnehmer

Wie man an WLAN 802.11b, DECT und Bluetooth erkennen kann, benutzen all diese Techniken das 2,4 GHz–ISM-Band für die Übertragung. Zu Störungen zwischen Systemen kann es theoretisch nur dann kommen, wenn die Signale der verschiedenen Systeme sich zur gleichen Zeit und auf der gleichen Frequenz überlappen. Innerhalb dieses Frequenzbandes sind von der amerikanischen Regulierungsbehörde FCC zwei verschiedene Spread-Spectrum-Verfahren zur Vermeidung von Störungen vorgesehen. Hierbei handelt es sich um das Direct-Sequence-Spread-Spectrum (DSSS) und das Frequency-Hopping-Spread-Spectrum (FHSS). Bei DSSS-Systemen wird das eigentliche Nutzsignal mit einem höherfrequenten Code auf einen breiten Kanal gespreizt und ist somit theoretisch gegen Schmalbandstörer immun. Bei FHSS wechselt der Sender einige Male pro Sekunde die Frequenz. Die Verweildauer pro Frequenz entspricht der Übertragungsdauer eines Paketes.

Übertragungssicherheit gegenüber Dritten

Die Übertragungssicherheit der einzelnen Techniken gegenüber Dritten wird im Wesentlichen durch die Authentifizierung und Datenverschlüsselung sichergestellt. Dabei ist die Sicherheit der Techniken Wireless LAN und Bluetooth von besonderem Interesse, da es bei Ihnen theoretisch möglich ist, an Datenpakete zu gelangen, welche nicht nur Informationen der Identifikation enthalten.

WLAN 802.11b	<p>Authentifizierung nur im Infrastruktur-Modus möglich, d.h. unter der Verwendung eines Access-Points</p> <p>Daten-Verschlüsselung: Standardmäßig 40 bit, optional 128 bit</p> <p>Jedes Gerät verfügt über eine 48 Bit Adresse</p>
Bluetooth	<p>Authentifizierung 128 Bit</p> <p>Datenverschlüsselung 8 bis 128 Bit</p> <p>8 bis 128 Bit ID</p> <p>Jedes Gerät verfügt über eine 48 Bit Adresse</p>
RFID Aktiv	<p>Sowohl Authentifizierung, als auch Datenverschlüsselung sind möglich</p> <p>Herstellerabhängig 8 bis 96 bit Schlüssel</p>
RFID Passiv	<p>Sowohl Authentifizierung, als auch Datenverschlüsselung sind möglich</p>

	Datenverschlüsselung 8 bis 64 bit
--	-----------------------------------

Abbildung 5: Übertragungssicherheit der Techniken

Die Übertragungssicherheit ist bei allen Techniken gegeben (Abbildung 5), wobei die passiven Systeme auf Grund der geringen Datenkapazität nur unbefriedigende Möglichkeiten hat. Dafür sind die Übertragungreichweiten gering, so dass es nur in unmittelbarer Nähe möglich wäre die Daten auszulesen.

Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen, auch in einem rauen Umfeld, z.B. Bei extremen Temperaturen, stellen hohe Anforderungen an die Identifikationstechniken.

Die angegebenen Temperaturspannen beziehen sich auf Temperaturen während des Betriebs – bei Lagerung ist dieser Bereich i.d.R. deutlich größer.

	Temperatur	Industriefestigkeit
WLAN 802.11 b	+5° C ... 40° C	IP 54, IP 65, IP 67
Bluetooth	+5° C ... 55° C	IP 54, IP 65, IP 67
RFID Aktiv	-40° C ... +70° C	IP 67
RFID Passiv	-40° C ...+85° C	IP 67

Abbildung 6: Einsatzbedingungen

Die im Feld und im Hof zu erwartenden Bedingungen für die einzelnen Techniken sind sehr rau im Vergleich zu den üblichen Industriebedingungen (Abbildung 6). Besonders die für die Büroumgebung entwickelten Techniken Bluetooth und Wireless LAN eignen sich nur bedingt für den materialermüdenden Einsatz während der Kampagne. Durch die Verwendung von Heizspiralen bzw. den Einbau der Übertragungsmodule der Techniken in die Kabinen der Fahrzeuge

Kosten

Die Kosten für die einzelnen Techniken lassen sich am Besten durch die Analyse der Kosten pro Einheit darstellen.

	Kosten pro Einheit	Einheiten am Feld
WLAN 802.11 b	Preis pro Funkmodul: 200 € Preis pro PDA: ca. 300 €	1 pro Fahrzeug und Ladegerät
Bluetooth	Preis pro Übertragungsmodul Class 1: 300 € Class 2: 80 € Class 3: 19 € Preis pro PDA: ca. 300 €	1 pro Fahrzeug
RFID Aktiv	Preis pro Transponder: 35 € bis 90 € Preis pro Antenne: 350 € Preis pro Controller: 3500 €	1 pro Fahrzeug 1 pro Ladegerät 1 pro Ladegerät
RFID Passiv	Preis pro Transponder: 5 € Preis pro Antenne: 200 € Preis pro Controller: 1000 €	1 pro Fahrzeug 1 pro Ladegerät 1 pro Ladegerät

Abbildung 7: Kosten der Techniken

Die Preise der zur Funkübertragung benötigten Hardwarekomponenten (Abbildung 7) geben nur ein Teil der zu erwartenden Kosten an. So ist bei WLAN und Bluetooth noch davon auszugehen, dass die Einheiten, welche entweder aus einem PDA oder einem Mikroprozessor bestehen, mit Strom zu versorgen sind. Des weiteren kommt bei allen Lösungen ein nicht zu unterschätzender Aufwand für Rechner, Verkablungs- bzw. Installationsaufwand sowie die Anpassung bzw. Programmierung der Software hinzu. Schließlich sind noch die laufenden Kosten zu berücksichtigen, welche u.a. durch Ausfall und Stromverbrauch bestimmt werden.

Fazit

Mit der Breitbandkommunikation steht eine Alternative zu Transponder und Barcode bereit, welche für die nächsten Jahre ein großes Spektrum an Anwendungsbereichen in der Logistik bedienen kann. Stellt man sich die Frage, ob technische Innovationen als Rundumschlag gegenüber herkömmlichen Identifikationstechniken eingesetzt werden können, so bekommt man bei näherem Blick auf Details und technische Parameter die Antwort, dass die Euphorie fast grenzenlos ist, der Einsatz neuer Breitbandkommunikationsanwendungen jedoch praktische Grenzen aufzeigt.

Mit praxisrelevanten Fakten wie Robustheit im industriellen Umfeld, geringe Temperaturanfälligkeit oder einem geringen Stromverbrauch, weisen RFID-Lösungen in der Logistik noch schlagkräftige Argumente gegen neue Breitbandtechnologien auf. Besonders die nicht zu unterschätzende Betrachtung der Schnittstellen Schreib-/Lesegeräte zu nachgeschalteten Systemen ist bei RFID, durch den Einsatz industrieüblicher Bussysteme beispiellos. Eine Integration des Transponders ist nicht erforderlich und zeichnet einmal mehr die Technik RFID gegenüber WLAN und Bluetooth aus. Selbst der Barcode weist in speziellen Anwendungsfällen wesentliche Vorteile gegenüber der Breitbandkommunikation auf.

Jedoch sollte dies kein Argument sein, innovative Techniken auf eine lange Bank zu schieben, vielmehr geben diese Untersuchungen Anlass, bestehende Schwachstellen und Tücken auszuschließen und die Alternativen für Barcode und RFID für den rauen Industrieanwendungsfall zu wappnen.